



70014 U.S. PTO

08/963720



11/04/97

## Bescheinigung

Die ROBERT BOSCH GMBH in Stuttgart/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zum Erzeugen von Crashsignalen"

am 20. November 1996 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Symbole G 01 P, B 60 R und H 03 H der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 14. Juli 1997

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

Aktenzeichen: 196 47 920.7

Holß

5

R. 31136

18.11.96 Ti/Gy

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

### Verfahren zum Erzeugen von Crashsignalen

15

Stand der Technik

20

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen von Signalen, welche verschiedene Crashvorgänge bei Fahrzeugen beschreiben, wobei diese Crashsignale aus einem real gemessenen Crashsignal abgeleitet werden.

25

30

35

Es ist erstrebenswert für jeden Fahrzeugtyp, ein optimales, robustes Auslöseverhalten der darin eingebauten Rückhaltesysteme (Airbags, Gurtstraffer, etc.) zu erreichen. D. h. die Rückhaltesysteme sollen nur dann ausgelöst werden, wenn die Fahrzeuginsassen bei einem Crash auch tatsächlich gefährdet sind und dann soll die Auslösung auch mit sehr großer Sicherheit erfolgen. Ein fehlerhaftes Auslösen von Rückhaltesystemen ist deswegen unerwünscht, weil deren Instandsetzung mit hohen Kosten verbunden ist, insbesondere Versicherungsgesellschaften haben ein großes Interesse daran, daß fehlerhaftes Auslösen von Rückhaltesystemen soweit wie möglich vermieden wird. Der Algorithmus, der das Auslösen von Rückhaltesystemen steuert, muß daher individuell auf jeden Fahrzeugtyp adaptiert werden. Für die Kalibrierung des Auslösealgorithmus werden Crashdaten, welche das Verhalten der Fahrzeugkarosserie in den verschiedensten Crashsituationen

wiedergeben, herangezogen. Es gibt im wesentlichen drei Kategorien von Crashes, frontale, seitliche und Reparaturcrashes. Mit Reparaturcrashes bezeichnet man solche, durch die ein Rückhaltesystem nicht ausgelöst werden soll, z.B.

5 Remppler beim Einparken. Reparaturcrashes finden bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten ( $\leq 15 \text{ km/h}$ ) statt. Die Anzahl der real gefahrenen Crashes eines Fahrzeuges sollte natürlich aus Kostengründen stark limitiert sein. Um aber den Auslöse-Algorithmus möglichst sicher und robust zu gestalten, wäre es wünschenswert, für eine Kalibrierung eine große  
10 Zahl von Crashsignalen, welche die unterschiedlichsten Crashsituationen beschreiben, zur Verfügung zu haben.

Aus dem Konferenzpapier von ASL bei SAE, Nr. 920480 ist es  
15 bekannt, durch mathematische Methoden aus gemessenen Crashdaten synthetisch neue Crashdaten zu erzeugen, welche andere Crashsituationen beschreiben. Allerdings ist die hier angewandte mathematische Methode zur Herleitung neuer Crashsignale sehr aufwendig und benötigt eine große Rechenzeit. Außerdem korrelieren die nach dem bekannten Verfahren  
20 synthetisierten Crashes nur schwach mit real vorkommenden Crashes.

Der Anmeldung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das es ermöglicht, mit einem möglichst geringen Aufwand an Rechenleistung eine  
25 Vielzahl von neuen Crashsignalen zu erzeugen, welche die verschiedensten Crashsituationen darstellen.

#### 30 Vorteile der Erfindung

Die genannte Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, daß aus einem real gemessenen Crashsignal durch Tiefpaßfilterung ein Kernsignal abgeleitet  
35 wird, daß das Kernsignal in mehrere zeitlich aufeinander

folgende Signalsegmente zerlegt wird, daß jedes Signalsegment durch eine Übertragungsfunktion nachgebildet wird, daß dann alle daraus entstehenden Übertragungsfunktionen zu einer Gesamtübertragungsfunktion zusammengefaßt werden und daß schließlich durch Verändern mindestens eines Parameters der Gesamtübertragungsfunktion ein oder mehrere Crashsignale gebildet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kommt mit einem einzigen real gemessenen Crashsignal aus, um daraus mit einer einfachen mathematischen Methode eine Vielzahl von abgewandelten Crashsignalen herzuleiten.

Zweckmäßige Ausführungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

#### Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels wird nachfolgend die Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Ablaufdiagramm für das Verfahren zur Herleitung neuer Crashsignale und

Figur 2 einen Crashsignalverlauf.

Zur Erzeugung von neuen synthetischen Crashsignalen wird nach Figur 1 in einem ersten Verfahrensschritt 1 ein Crashsignal bei einem real gefahrenen Fahrzeugcrash gemessen und z.B. in Form von ASCII-Daten abgespeichert. In der Figur 2 ist beispielhaft ein an einer bestimmten Stelle im Fahrzeug gemessener Crashsignalverlauf dargestellt. Das Crashsignal stellt die zeitliche Veränderung während eines Crashes der an einer Stelle des Fahrzeugs gemessenen Beschleunigung bzw. Verzögerung  $a$  dar. Man erkennt, daß zu Beginn eines Crashes die gemessene Beschleunigung  $a$  sehr star-

ke Änderungen erfährt, welche mit zunehmender Zeit abklingen. Die auf der Ordinatenachse der Kurve angegebenen negativen Werte besagen, daß hier die Beschleunigung  $a$  negativ ist, d. h. daß das Fahrzeug Verzögerungen beim Aufprall auf einen anderen Gegenstand erfährt. Auf der Abszisse der Kurve ist die Zeit  $t$  in Abtastschritten angegeben.

In einem zweiten Verfahrensschritt 2 wird aus dem gemessenen Crashsignal ein Kernsignal selektiert. Dazu wird das gemessene Crashsignal über ein lineares FIR Filter (Filter mit begrenzter Impulsantwort) geführt, das eine Tiefpaßcharakteristik besitzt und eine Grenzfrequenz zwischen 80 und 200 Hz aufweist. Durch diese Filterung werden Signalspitzen kurzer Dauer herausgefiltert, so daß ein geglättetes Kernsignal am Ausgang des Filters übrigbleibt. Der in Figur 2 dargestellte Signalverlauf ist ein solches aus dem gemessenen Crashsignal herausgefiltertes Kernsignal. Dem linearen FIR Filter kann ein nichtlineares Filter (Medianfilter) vorgeschaltet sein, mit dem alle Signalspitzen, die zeitlich gleich oder kürzer als 1ms sind, eliminiert werden. Das Medianfilter führt also eine Vorglättung vor dem linearen FIR Filter durch.

Das Kernsignal wird nun im Verfahrensschritt 3 in mehrere Signalsegmente zerlegt. Die Grenzen der einzelnen Signalsegmente, in der Figur 2 durch Punkte angedeutet, werden zweckmäßigerweise so gelegt, daß jedes Signalsegment ein Impuls aus dem Gesamtsignalverlauf ist. Zur Trennung der einzelnen Impulse werden zunächst mit Hilfe an sich bekannter Signalabtastverfahren Minima und Wendepunkte des Signalverlaufs ermittelt. Ein Impuls liegt jeweils entweder zwischen zwei Minima oder zwischen einem Minimum und einem Wendepunkt. Ob ein solcher Impuls ein geeignetes Signalsegment darstellt, wird durch Vergleich des jeweiligen Impulses mit einem Modellimpuls ermittelt. Der Modellimpuls ist vorteilhafterweise ein durch zwei Parameter veränderbarer Gaußimpuls. Der

erste Parameter ist das Pulsbreitenverhältnis rechts und links von der vertikalen Symmetrielinie des Impulses bei einem bestimmten Bruchteil der Gesamtpulshöhe. Beispielsweise wird bei 75% der Gesamtpulshöhe ein Verhältnis zwischen den Pulsbreiten rechts und links von der Symmetrielinie von 1:5 vorgegeben. Der zweite Parameter für den Modellimpuls ist das Verhältnis zwischen den Höhen des Impulses an seinen Rändern zu beiden Seiten der Symmetrielinie. Dieses Höhenverhältnis kann z.B. auf 25% festgelegt werden. Nur wenn ein aus dem Signalverlauf selektierter Impuls innerhalb der durch den Modellimpuls vorgegebenen Grenzen bzgl. des Pulsbreiten- und des Pulshöhenverhältnisse liegt, wird er als geeignetes Signalsegment behandelt. Ein Impuls, der diese Voraussetzungen nicht erfüllt, wird dem benachbarten Impuls zugeschlagen und bildet mit ihm zusammen ein Signalsegment.

Im nächsten Verfahrensschritt 4 wird jedes der Signalsegmente durch eine Übertragungsfunktion in der z-Ebene nachgebildet. Diese Übertragungsfunktion hat z. B. die Form:

$$H_e(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + a_3 z^{-3}} \quad (1)$$

Bei dieser Übertragungsfunktion  $H_e(z)$  nach Gleichung (1) werden pro Signalsegment 6 Koeffizienten  $b_0, b_1, b_2, a_1, a_2, a_3$  identifiziert.

Anschließend wird im Verfahrensschritt 5 aus allen einzelnen Übertragungsfunktionen  $H_e(z)$  der Signalsegmente eine Gesamtübertragungsfunktion  $H_s(z)$  gebildet.

Diese Gesamtübertragungsfunktion hat folgende Form:

$$H_s(z) = \sum_{i=1}^s \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^n \frac{b_{jiz}^{-1}}{a_{kiz}^{-k}} z^{-li} \quad (2)$$

Dabei ist  $i$  der Laufindex für die Signalsegmente mit  $s$  als Anzahl der Segmente,  
 $j$  der Laufindex für den Zählerkoeffizienten  $b$  mit  $m$  der Ordnung der Zählerkoeffizienten und  
5  $k$  der Laufindex für den Nennerkoeffizienten  $a$  mit  $n$  der Ordnung des Nennerkoeffizienten.  
 $l$  ist ein Segmentvektor, der von Segment zu Segment durchläuft und angibt, bei welchem Abtastschritt das jeweilige  
10 Segment beginnt, dessen Übertragungsfunktion zur Gesamtübertragungsfunktion hinzugefügt werden soll.

Im Verfahrensschritt 6 werden durch Parameteränderungen der Gesamtübertragungsfunktion  $H_s(z)$  neue Crashsignale erzeugt.  
15 Parameteränderung bedeutet, daß die Koeffizienten  $a$  in der Gesamtübertragungsfunktion variiert werden. Bei der hier gewählten Übertragungsfunktion  $H_e(z)$  bilden die Koeffizienten  $a$  des Nenners der Gesamtübertragungsfunktion  $H_s(z)$  ein Polynom dritten Grades in der komplexen  $z$ -Ebene. Die Wurzeln  
20 dieses Polynoms sind die Pole der Gesamtübertragungsfunktion. Da der Polynom dritten Grades ist, gibt es einen reellen Pol und ein konjugiert komplexes Polpaar. Durch Verändern des Ortes mindestens eines komplexen Pols innerhalb des Einheitskreises in der komplexen  $z$ -Ebene - der Einheitskreis  
25 beschreibt die Stabilitätsgrenze - erhält man neue Crashsignalverläufe.

Eine Variation der Nullstellen, also der Koeffizienten  $b$  im Zähler, ist unbrauchbar, da sie keinen Einfluß auf das Frequenzspektrum der Gesamtübertragungsfunktion  $H_s(z)$  hat, sondern sich nur auf deren Amplitude auswirkt. Diese Variation  
30 würde ausschließlich neue Crashsignale mit veränderter Amplitude hervorbringen, aber nicht die Crashsignale in ihrer Form verändern.

Das Maß der Variation der Nennerkoeffizienten  $a$  der Gesamtübertragungsfunktion  $H_s(z)$ , um möglichst realitätsnahe neue Crashsignale zu generieren, orientiert sich an Berechnungen der Korrelation und der Energieabweichung (Abweichung der Effektivwerte) zwischen synthetischen Crashsignalen und realen Crashsignalen. Variationen von 0.1 bis 1.0% führen erfahrungsgemäß zu synthetischen Crashsignalen, welche eine enge Korrelation zu realen Crashes haben.

Abweichend von dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel kann anstelle einer Übertragungsfunktion dritter Ordnung auch eine mit noch höherer Ordnung verwendet werden. Ebenso kann eine Übertragungsfunktion nur zweiter Ordnung in Frage kommen.

Das hier zugrundeliegende Verfahren ermöglicht es, aus Kernsignalen mit einer recht hohen Filtereckfrequenz bis zu 200Hz neue Crashsignale abzuleiten. Dadurch ist gewährleistet, daß wichtige Informationen des real gemessenen Crashsignals bei der Generierung synthetischer Crashsignale erhalten bleiben.

Das real gemessene Crashsignal setzt sich zusammen aus dem durch Filterung selektierten Kernsignal und einem Restsignal. Auch das Restsignal kann variiert und dem variierten Kernsignal zur Synthetisierung neuer Crashsignale überlagert werden.



18.11.96 Ti/Gy

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

### Ansprüche

- 10 1. Verfahren zum Erzeugen von Signalen, welche verschiedene Crashvorgänge bei Fahrzeugen beschreiben, wobei diese Crashsignale aus einem real gemessenen Crashsignal abgeleitet werden, dadurch gekennzeichnet,
- daß aus dem real gemessenen Crashsignal durch Tiefpaßfilterung ein Kernsignal abgeleitet wird,
  - 15 - daß das Kernsignal in mehrere zeitlich aufeinander folgende Signalsegmente zerlegt wird,
  - daß jedes Signalsegment durch eine Übertragungsfunktion nachgebildet wird,
  - daß alle daraus entstehenden Übertragungsfunktionen zu einer Gesamtübertragungsfunktion zusammengefaßt werden,
  - 20 - und daß durch Verändern mindestens eines Parameters der Gesamtübertragungsfunktion ein oder mehrere neue Crashsignale gebildet werden.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kernsignal in Einzelimpulse zerlegt wird, welche die einzelnen Signalsegmente darstellen.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalsegmente durch Vergleich der Einzelimpulse mit einem Modellimpuls bestimmt werden, daß der Modellimpuls ein durch mehrere Parameter veränderbarer Gaußimpuls ist und daß ein Einzelimpuls dann als eigenes Signalsegment akzeptiert wird, wenn der Einzelimpuls innerhalb vorgegebbarer Grenzen
- 35 relativ zum Modellimpuls liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 1,2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß die einzelnen Signalsegmente durch eine Übertra-  
gungsfunktion in der komplexen z-Ebene von der Form

$$H_e(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + a_3 z^{-3}}$$

nachgebildet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Gesamtübertragungsfunktion die Form

$$H_s(z) = \sum_{i=1}^s \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^n \frac{b_{jiz}^{-1}}{a_{kiz}^{-k}} z^{-li}$$

hat, wobei i der Laufindex für die Signalsegmente mit s als  
Anzahl der Segmente,  
j der Laufindex für den Zählerkoeffizienten b mit m der Ord-  
nung des Zählerkoeffizienten,  
k der Laufindex für den Nennerkoeffizienten a mit n der Ord-  
nung des Nennerkoeffizienten und  
l ein Vektor ist, der die Grenzen der Signalsegmente angibt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß  
zur Bildung neuer Crashsignale mindestens ein komplexer Pol  
in der Gesamtübertragungsfunktion geändert wird.

18.11.96 Ti/Gy

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

### Verfahren zum Erzeugen von Crashsignalen

#### Zusammenfassung

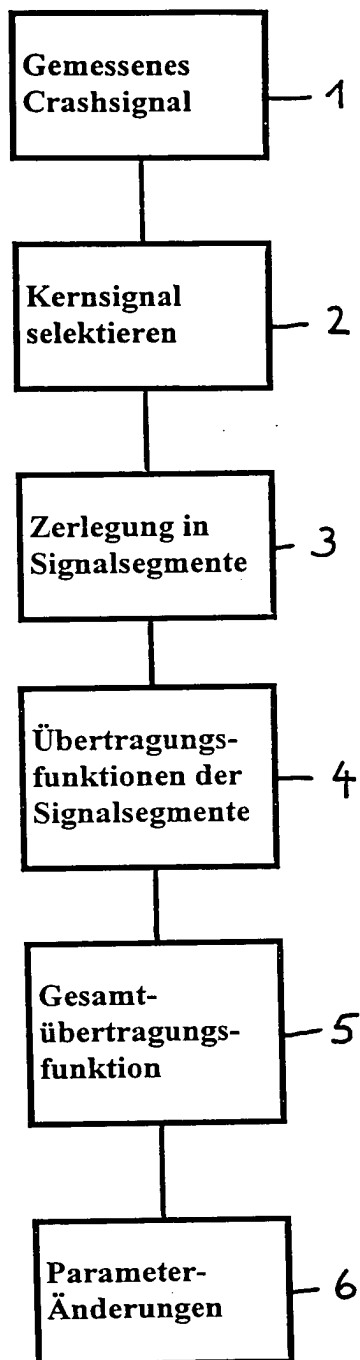
10

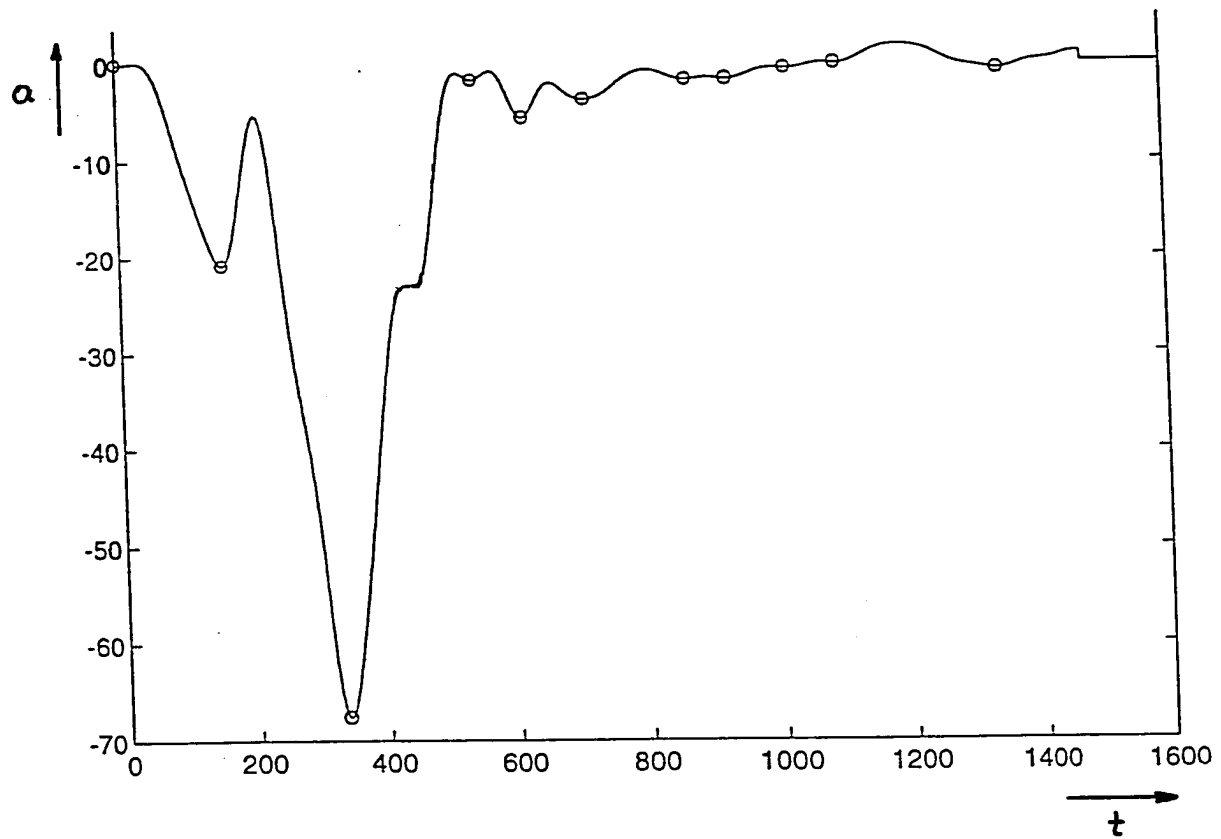
15

20

Ein wenig aufwendiges Verfahren zum Erzeugen von Signalen, welche verschiedene Crashvorgänge bei Fahrzeugen beschreiben, besteht darin, daß aus einem real gemessenen Crashsignal durch Tiefpaßfilterung ein Kernsignal abgeleitet wird, daß dieses Kernsignal in mehrere Signalsegmente zerlegt wird, daß jedes Signalsegment durch eine Übertragungsfunktion nachgebildet wird, daß dann alle Übertragungsfunktionen zu einer Gesamtübertragungsfunktion zusammengefaßt und daß durch Verändern mindestens eines Parameters der Gesamtübertragungsfunktion ein oder mehrere neue Crashsignale gebildet werden.

(Figur 1)

**Fig. 1**

**Fig. 2**